



DEUTSCHES
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 37 31 624.9
②2 Anmeldetag: 19. 9. 87
④3 Offenlegungstag: 30. 3. 89

DE 3731624 A1

⑦1 Anmelder:
Asea Brown Boveri AG, 6800 Mannheim, DE

⑦2 Erfinder:
Bogs, Hartmut, Dipl.-Ing., 6943 Birkenau, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

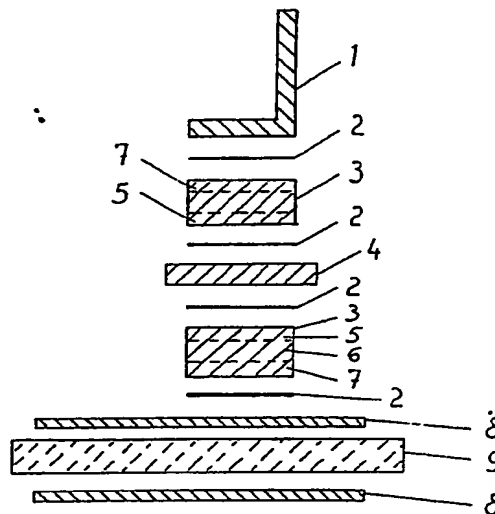
DE	35 35 081 A1
DE	35 04 992 A1
DE	34 26 917 A1
DE	34 26 916 A1
DE	32 21 199 A1
DE	31 44 759 A1
DE	28 53 951 A1
US	40 25 997

⑤4 Ausgleichsrunde für Leistungshalbleitermodule

In Leistungshalbleitermodulen werden Ausgleichsrunden eingesetzt, die Wärmespannungen aufgrund ungleicher Ausdehnungskoeffizienten von Siliziumhalbleiterchips und damit verbundenen Metallteilen, z. B. Kupferanschlußteilen oder Kupfer-Keramik-Substraten. Die Ausgleichsrunden sollen außerdem eine gute elektrische und thermische Leitfähigkeit aufweisen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Ausgleichsrunde anzugeben, die im Vergleich zu bekannten Ausgleichsrunden zu einer Verringerung der im Betrieb auftretenden Wärmespannungen führt.

Diese Aufgabe wird durch eine Ausgleichsrunde gelöst, bei der eine Pulvermischung aus unterschiedlichen Werkstoffen, z. B. Molybdän und Kupfer, zu einem Formteil gesintert wird, wobei die Konzentration der eingesetzten Pulverkomponenten örtlich unterschiedlich ist. Die Runde weist z. B. auf der einem Siliziumchip zugewandten Seite eine hohe Molybdänkonzentration auf und auf der einem Kupferteil zugewandten Seite einen hohen Kupferanteil.

Die Ausgleichsrunden finden Anwendung in Leistungshalbleitermodulen.



DE 3731624 A1

Best Available Copy

Patentansprüche

1. Ausgleichsrunde für die Verbindung eines Siliziumleistungshalbleiterbauelements mit metallischen oder metallisierten Teilen eines Moduls, wobei die Ausgleichsrunde aus einem aus wenigstens zwei Materialien gesinterten Formteil besteht, dadurch gekennzeichnet, daß das Mischungsverhältnis der verwendeten Materialien in der Ausgleichsrunde (3) örtlich unterschiedlich ist, wobei die Ausgleichsrunde (3) in einem an eine erste Hauptfläche angrenzenden Bereich (5) eine gegenüber anderen Teilen des Formteils höhere Konzentration eines an den Ausdehnungskoeffizienten des Siliziumhalbleiterbauelements (4) angepaßten Materials aufweist und in einem an eine zweite Hauptfläche angrenzenden Bereich (7) der Runde (3) eine höhere Konzentration eines an den Ausdehnungskoeffizienten von Metallteilen (1) oder metallisierten Substraten (8, 9) angepaßten Materials.
2. Ausgleichsrunde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichsrunde für die Montage auf einem Kupfer-Keramik-Substrat (8, 9) vorgesehen ist und aus einer Kupfer-Molybdän-Mischung besteht, wobei der Bereich (5) an der ersten Hauptfläche eine höhere Molybdänkonzentration aufweist und der Bereich (7) an der zweiten Hauptfläche eine höhere Kupferkonzentration.
3. Ausgleichsrunde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichsrunde mindestens Aluminium und Wolfram enthält, wobei der Bereich an der ersten Hauptfläche eine höhere Wolframkonzentration aufweist und der Bereich (7) an der zweiten Hauptfläche eine höhere Aluminiumkonzentration.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Ausgleichsrunde für die Montage eines Silizium-Halbleiterbauelements auf ein metallisches oder metallisiertes Substrat gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In der Halbleitertechnik, insbesondere bei der Herstellung von Leistungshalbleitermodulen werden häufig Ausgleichsrunden z. B. aus Molybdän verwendet, die zwischen einem Siliziumleistungshalbleiterbauelement (Halbleiterchip) und einem Substrat mit metallischer Oberfläche oder einem Kühlkörper angeordnet werden. Auf solche Ausgleichsrunden werden die Halbleiterchips aufgelötet. Die Ausgleichsrunden dienen dabei mitunter auch als Abstandsstücke, aber vor allem zum Ausgleich von thermischen Ausdehnungsunterschieden zwischen dem Siliziumchip und dem metallischen Träger, also z. B. einem Kühlkörper aus Kupfer oder der Kupferschicht auf einem Substrat, das z. B. aus direkt gebondetem Kupfer mit Keramik besteht. Diese Aufbautechniken für hybride Leistungshalbleitermodule und die eutektische Direct-Bonding-Methode sind beschrieben in J. Gobrecht "Metallurgische Verbindungstechnik für Hybridschaltungssubstrate der Leistungselektronik", DVS-Berichte, Bd. 102, Seite 65 bis 68.

Bei nach einem Direkt-Bonding-Verfahren hergestellten Keramik-Kupfer-Substraten ist der Ausdehnungskoeffizient bereits besser als bei reinem Kupfer an denjenigen des Siliziumchips angepaßt, da auch die Ausdehnungseigenschaften der Keramik zur Wirkung kommen. Halbleiterchips geringer Leistung und mit daraus resultierenden kleinen Abmessungen (max. 15 mm) können

deshalb sogar direkt auf das Substrat aufgelötet werden, wobei die Weichlotschicht verbleibende Ausdehnungsunterschiede ausgleichen kann. Mit dieser Anordnung wird ein besonders niedriger Wärmewiderstand erreicht.

In Modulen größerer Leistung müssen Ausgleichsrunden vorgesehen werden, da die Lotschicht sonst keine ausreichende Lastwechselfestigkeit gewährleisten könnte. Allerdings wird damit der Wärmewiderstand zwischen dem Halbleiterchip (Wärmequelle) und einer Wärmesenke (Kühlkörper) größer. Das Material für die Ausgleichsrunde ist somit nicht allein nach dem Gesichtspunkt einer guten Anpassung des Ausdehnungskoeffizienten, sondern auch im Hinblick auf die Wärmeleitfähigkeit und auch der elektrischen Leitfähigkeit zu wählen. Deshalb wurde in M. Weichmann, G. W. Roppel, G. Hansch, "Copper-Molybdenum based powder composite as support material for power semiconductors and integrated circuits" Firmenmitteilung 12-10 der Vakuumschmelze Hanau, Seite 1333 bis 1336 vorgeschlagen, eine Ausgleichsrunde vorzusehen, die aus einem Gemisch aus Molybdän und Kupferpulver gesintert ist. In dem genannten Aufsatz ist auch angegeben, wie solche gesinterten Formteile hergestellt werden können.

Aus der DE-OS 35 04 992 ist ein Leistungshalbleitermodul bekannt, bei dem zur Verringerung des Wärmewiderstandes ein Wärmerohr in das Modul integriert ist. Auch dort wird eine Ausgleichsrunde benötigt, die in diesem Anwendungsfall auf der dem Wärmerohr zugewandten Seite in einem mittleren Bereich mit Finnen versehen sein soll. Diese Rondenausführung wird zweckmäßig als gesintertes Formteil hergestellt.

Aus dem dargestellten Stand der Technik ist zu entnehmen, daß mit zunehmender Leistung der Leistungshalbleitermodule die Probleme der Lastwechselfestigkeit, verursacht durch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten der zu verbindenden Teile, sowie Probleme der Wärmeabfuhr größer werden.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Ausgleichsrunde anzugeben, die den beschriebenen Erfordernissen noch besser entsprechen kann.

Diese Aufgabe wird bei einer Ausgleichsrunde nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in Unteransprüchen angegeben.

Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung bestehen darin, daß die Lastwechselfestigkeit von Leistungshalbleitermodulen, die die erfindungsgemäßen Ausgleichsrunden enthalten, wesentlich gesteigert wird, weil neben guter Wärmeleitfähigkeit eine besonders gute Anpassung an die Ausdehnungskoeffizienten der Komponenten gegeben ist, mit denen die Ausgleichsrunde über Lotschichten verbunden ist. Im Betrieb auftretende Wärmespannungen sind insbesondere innerhalb der Lotschicht wesentlich reduziert. Die Herstellung der Ausgleichsrunden kann auf einfache Weise nach bekannten Verfahren zur Herstellung gesinteter Formteile erfolgen.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel mit einer typischen Anordnung von Ausgleichsrunden in einem Leistungshalbleitermodul gezeigt. Dabei ist schematisch eine Schichtenfolge dargestellt, ausgehend von einem Keramiksubstrat 9, z. B. aus Al_2O_3 , das auf der Oberseite und Unterseite jeweils mit einer Metallschicht 8, z. B. einer Kupferfolie mit etwa 0,3 mm Dicke nach einem Direkt-Bonding-Verfahren direkt verbun-

den ist. Darüber ist eine Ausgleichsrunde 3 angeordnet, die mit Weichlotmaterial 2 angelötet ist und die als gesintertes Formteil hergestellt ist. Auf die Ausgleichsrunde 3 ist ein Siliziumleistungshalbleiterchip 4 gelötet. Der Chip 4 ist über eine zweite Runde 3 mit einem Anschlußelement 1 verlötet, das z. B. aus Kupfer besteht.

Die Ronden 3 bestehen aus einer Mischung aus Molybdän und Kupferpulver, wobei in einem an einer ersten Hauptfläche angrenzenden Bereich 5 eine relativ hohe Molybdänkonzentration vorgesehen ist zur Anpassung an den Ausdehnungskoeffizienten des Siliziumchips. Ein an eine zweite Hauptfläche angrenzender Bereich 7 enthält eine höhere Kupferkonzentration zur Anpassung an die Kupferfolie 8 auf dem Substrat 9 oder an das Kupferanschlüsselement 1. In einem mittleren Bereich 6 der Ausgleichsrunde 3 kann eine Mischung vorgesehen werden, die bezüglich des Kupferanteils zwischen den Werten der äußeren Schichten 5 und 7 liegt.

Die Herstellung kann z. B. durch schichtweises Einfüllen der unterschiedlichen Pulvergemische in eine Sinter-Preßform erfolgen, wobei verschiedene Variationen möglich sind. So können z. B. nur zwei unterschiedliche Mischungen vorgesehen werden und somit auf den mittleren Bereich 6 verzichtet werden oder es kann ein nahezu stufenloser Übergang von einer Konzentration zur anderen Konzentration geschaffen werden. Außerdem können andere Materialien zur Anwendung kommen, z. B. Aluminium statt Kupfer oder Wolfram statt Molybdän, oder es können mehr als zwei Stoffe gemischt werden.

Einer Verformung der Runde (Bi-Metall-Effekt) wird durch den sich einstellenden Temperaturgradienten inhärent entgegen gewirkt. Der Bereich z. B. hoher Molybdänkonzentration (niedriger Ausdehnungskoeffizient) ist heißer als der Bereich mit der hohen Cu-Konzentration, der einen höheren Ausdehnungskoeffizienten aufweist.

40

45

50

55

60

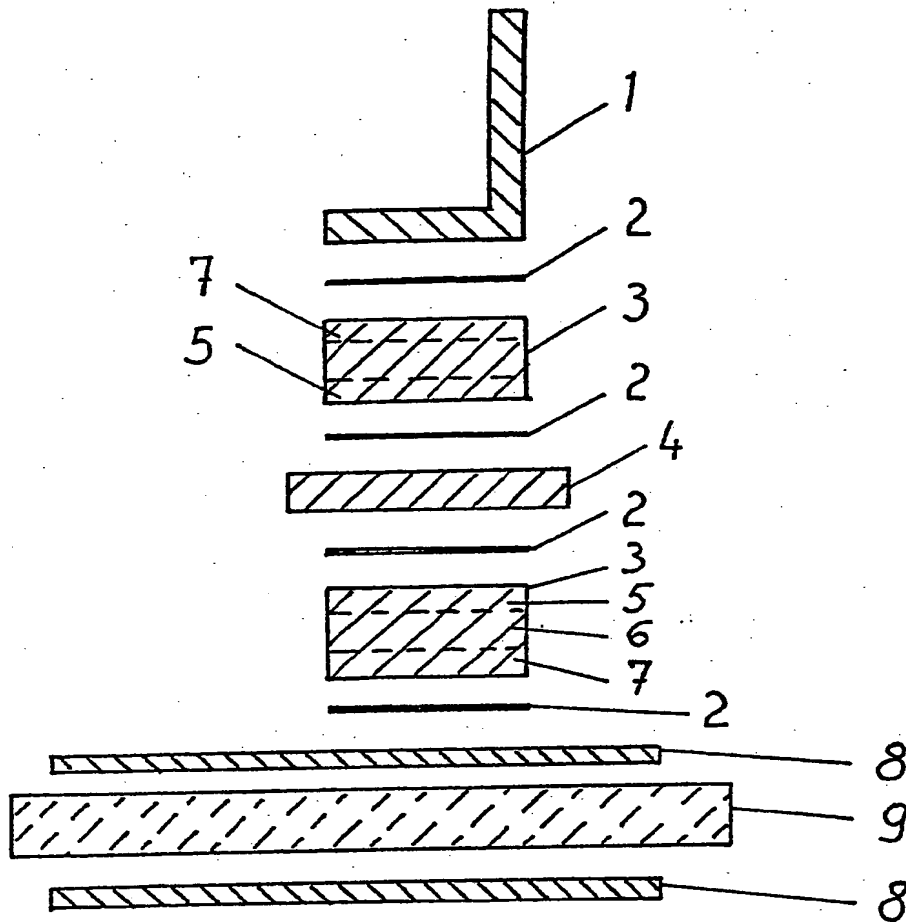
65

Best Available Copy

3731624

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

37 31 624
H 01 L 23/34
19. September 1987
30. März 1989



Best Available Copy

908 813/373

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 59021033
PUBLICATION DATE : 02-02-84

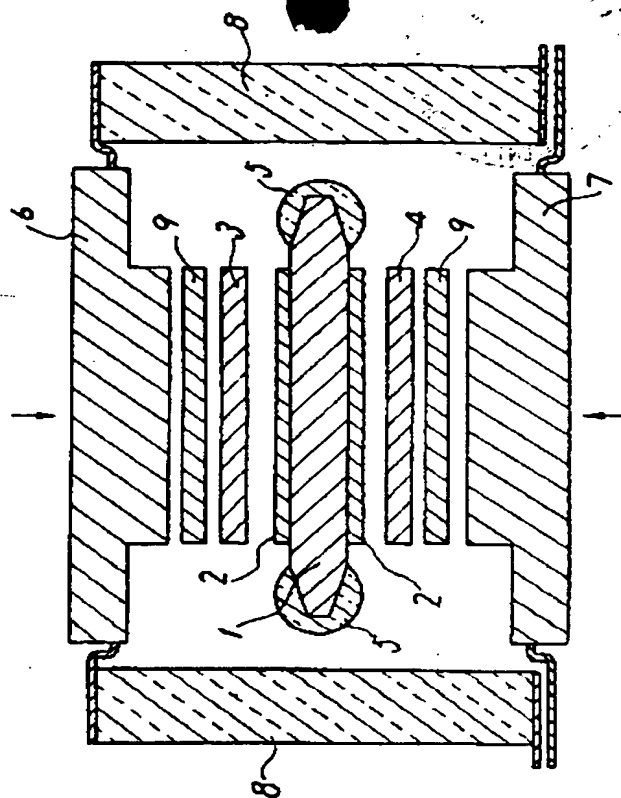
APPLICATION DATE : 27-07-82
APPLICATION NUMBER : 57132766

APPLICANT : MITSUBISHI ELECTRIC CORP;

INVENTOR : UEDA KAZUO;

INT.CL. : H01L 21/58

TITLE : ALL COMPRESSION BONDING TYPE
SEMICONDUCTOR DEVICE

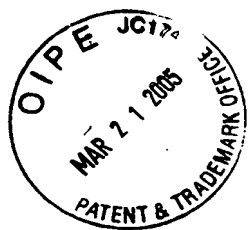


ABSTRACT : PURPOSE: To improve reliability by setting up a damping plate between an external electrode and a metallic plate, making a thermal expansion coefficient of the side opposite to the metallic plate of the damping plate approximately the same as that of the metallic plate and making a thermal expansion coefficient of the side opposite to the external electrode of the damping plate approximately the same as that of the external electrode.

CONSTITUTION: A composite material of a metal and carbon fibers is used as the damping plates 9 set up among the copper electrodes 6, 7 and the molybdenum plates 3, 4. The composite material is manufactured by reticulately incorporating carbon fibers in the metal, the thermal expansion coefficient in the thickness direction can be changed arbitrarily, and thermal conductivity and electrical conductivity are large. The thermal expansion coefficient of the surfaces being in contact with the molybdenum plates is made $4.5\sim 5.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, the thermal expansion coefficient of the surfaces being in contact with the copper electrodes is made $12\sim 17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, and the thermal expansion coefficients among the surfaces are also changed continuously as much as possible. The optimum value of the thickness of the damping plate is determined by the flatness of a silicon wafer, the flatness and surface roughness of the molybdenum plate, the degree of parallelism, thermal resistance, electric resistance, etc. of the copper electrode, but approximately 1mm is optimum when a cumulative error is approximately $50\mu\text{m}$.

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&Japio

Best Available Copy



THIS PAGE BLANK (USPTO)